

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-209792

(43)公開日 平成5年(1993)8月20日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 J 5/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 8909-2G

D 8909-2G

審査請求 未請求 請求項の数4(全11頁)

(21)出願番号 特願平4-16662

(22)出願日 平成4年(1992)1月31日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 植松 千尋

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72)発明者 平本 一男

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

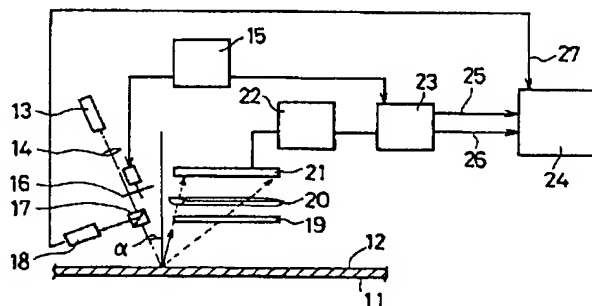
(74)代理人 弁理士 井内 龍二

(54)【発明の名称】 放射率と表面温度の同時測定方法および該方法に使用する装置

(57)【要約】

【構成】 所定強度の平行な光を被測定物11の表面に所定角度傾けて照射し、被測定物表面表面12に対する法線と照射方向との同一平面内で法線に対して照射方向と線対称になり、しかも被測定物11の表面12から所定の距離になる位置で反射光量と熱放射光量の1次元的な分布を測定する。反射光量分布から反射率を求め、次に反射率との関係から放射率を算出し、放射率と測定した熱放射光量とから表面温度を求める放射率と表面温度の同時測定方法。

【効果】 従来の方法では不十分であった拡散反射性の高い被測定物表面12の放射率が正確、簡単、迅速に得られ、放射率が変化し、しかも高速で移動する被測定物表面12の温度を測定できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の強度を有する平行光束を被測定物の表面に対して所定角度傾けた照射方向から照射するとともに、前記被測定物表面に対する法線と前記照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向でかつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定し、前記反射光量分布から前記被測定物表面の反射率を求め、該反射率と放射率との間の関係から前記被測定物表面の放射率を算出し、該放射率と前記熱放射光量とから被測定物表面の温度を求めることを特徴とする放射率と表面温度の同時測定方法。

【請求項2】 所定の強度を有する平行光束を被測定物表面の法線に対して所定の角度を有する照射方向から前記被測定物表面に対して照射するとともに、前記法線と前記照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向で、かつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定して第1の光強度分布を得、次に前記平行光束の照射を行うことなく前記被測定物表面からの光量の1次元的な分布を測定して第2の光強度分布を得、これら第1と第2の光強度分布の差から前記反射光量分布を求め、第2の光強度分布から前記熱放射光量を求める請求項1記載の放射率と表面温度の同時測定方法。

【請求項3】 所定の強度を有する強度変調光の平行光束を被測定物表面の法線に対して所定の角度を有する照射方向から前記被測定物表面に対して照射するとともに、前記法線と前記照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向で、かつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定し、該測定から前記強度変調光成分を抽出することによって反射光量を得、前記被測定物表面からの光量の1次元的な分布から前記強度変調光成分を除去することで前記熱放射光量を得る請求項1記載の放射率と表面温度の同時測定方法。

【請求項4】 所定強度の光を発生する発光源と、該発光源からの光を平行光束に変換して被測定物表面に対する法線から所定の角度で前記被測定物表面に照射するための光学系と、前記被測定物表面からの反射光と熱放射光とを受光する1次元光検出器と、前記発光源の光を前記1次元光検出器に導く光学系とを備えていることを特徴とする放射率と表面温度の同時測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は放射率と表面温度の同時測定方法および該測定方法に使用する装置に関し、より詳細には例えば鉄鋼業における各種鋼板、鋼管の高速オンライン製造工程等に適用可能な放射率と表面温度の同

時測定方法および該測定方法に使用する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 被測定物表面からの熱放射光量および放射率から被測定物表面の温度を測定する放射式温度測定法は、非接触で応答性の早い温度測定法であり、従来から種々の方法が提案されている。

【0003】 図8は従来例1における放射式温度測定法（計測自動制御学会論文集第16巻2号（昭55）参照）で使用される装置の模式的断面図であり、図中11

は被測定物を示しており、その表面12は鏡面性を有している。被測定物11は容器31内に置かれ、被測定物表面12の法線に対して角度 θ を有する照射光軸上には、黒体放射源33およびモーター35により回転される水冷式の回転セクター（扇形遮蔽板）36が配設され、また法線に対して前記照射光軸と線対称な反射光軸上には放射計37が配設されている。このように構成された装置を用いて被測定物表面12の温度を測定する場合、回転セクター36が黒体放射源33からの光束を遮らない位置にあるときは、黒体放射源33から照射された照射光が被測定物表面12で反射され、該反射光および被測定物表面12が放射する熱放射光との和（第1の光強度） L_1 が放射計37で検出される。また、回転セクター36が黒体放射源33からの光束を遮る位置にあるときは、被測定物表面12自体が放射する熱放射光（第2の光強度） L_2 のみが放射計37で検出される

また、図9は従来例2における放射式温度測定法（特開昭61-86621号公報参照）で使用される装置の模式的断面図であり、図中11は被測定物を示しており、その表面12は鏡面性を有している。被測定物表面12の法線軸上にはミラー38、集光レンズ20および放射計37が配設され、またミラー38を介して被測定物表面12に光を照射する発光源13がミラー38の側方に配設されている。このように構成された装置を用いて温度を測定する場合、まず反射率 ρ が1である被測定物11とは異なる基準鏡面反射板に発光源13からミラー38を介して光束を照射し、反射光量を測定して発光源13の発光光量 L_0 を求める。また反射率 ρ と放射率 ϵ とがすでに分かっている物体から ρ と ϵ との和 K を求めておく。次に前記基準鏡面反射板を被測定物11に置き換えて光束を被測定物11に照射し、被測定物表面12で反射する反射光および被測定物表面12が放射する熱放射光との和（第1の光強度） L_1 を放射計37で測定する。また、照射光を被測定物表面12に照射せずに被測定物表面12自体が放射する熱放射光（第2の光強度） L_2 のみを放射計37で測定する。従来例1、2ともに、これらの測定値から次の計算により被測定物表面12の放射率および温度を求める。まず L_0 、 L_1 、 L_2 から数1により被測定物表面12の反射率 ρ を求める。

【0004】

【数1】

$$\rho = (L_1 - L_2) / L_0$$

ただし、 L_0 : 発光源の発光量 L_1 : 第1の光強度 L_2 : 第2の光強度【0005】次に、上記反射率 ρ から数2により被測定物表面12の放射率 ε を求める。

【0006】

【数2】

$$\varepsilon = 1 - \rho$$

ただし、 ε : 放射率 ρ : 反射率

【0007】ただし、被測定物表面12が拡散性反射面の場合は数3により求める。

【0008】

【数3】

$$\varepsilon = K - \rho$$

ただし、 ε : 放射率 ρ : 反射率 K : 定数【0009】さらに第2の光強度から求められる輝度温度 T_a および上記放射率 ε から数4により被測定物表面12の温度 T が得られる。

【0010】

【数4】

$$T = T_a / A \cdot \varepsilon$$

ただし、 T : 被測定物表面温度 T_a : 輝度温度 ε : 放射率 A : 定数

【0011】また図10(a)は従来例3における放射式温度測定法(鉄と鋼、第65巻、1号(1979年)および特公昭52-7954号公報参照)で使用される装置の模式的断面図であり、図中11は被測定物を示しておりその表面12は鏡面性を有している。被測定物表面12の直上には内面が鏡面反射性を有する円筒39が配設され、円筒39上には図10(b)に示す開口部40を有する回転セクター36ならびに回転セクター36を回転させるモータ35が配設されている。また回転セクター36上には放射計37が配設されており、円筒39の中心軸、回転セクター36の開口部40および放射

計37の入射光軸がそれぞれ被測定物表面12の法線軸上に位置するように配設されている。このように構成された装置を用いて被測定物11の表面温度を測定する場合、回転セクター36が被測定物表面12の法線軸上にないときは被測定物表面12が放射する放射エネルギー E_1 のみが放射計37で検出される。被測定物表面12の温度、放射率および放射エネルギーをそれぞれ T 、 ε および E_b とすると、放射計37により検出される上記 E_1 は数5のように表わせる。

10 【0012】

【数5】

$$E_1 = \varepsilon \cdot E_b (T)$$

ただし、 ε : 放射率 E_b : 放射エネルギー T : 被測定物表面温度

【0013】また回転セクター36が被測定物表面12の法線軸上にあるときは、被測定物表面12が放射した熱放射光が回転セクター36の開口部40を通して直接放射計37に入射する放射光と、回転セクター36の下面、円筒39の内面および被測定物表面12との間でさまざまに反射を繰り返しながら回転セクター36の開口部40を通して放射計37に入射する放射光との和を測定する。このようにして放射計37により検出される放射エネルギー E_2 は、実効的に放射率が増大した形で数6のように表わされる。

【0014】

【数6】

30 $E_2 = g(\varepsilon) \cdot E_b (T)$ ただし、 $g(\varepsilon)$: 放射率 E_b : 放射エネルギー T : 被測定物表面温度

【0015】上記した $g(\varepsilon)$ と ε との関係は予め知ることができるので、上記した数5および数6を連立方程式として解くことにより、放射率 ε および被測定物表面12の温度 T を求めることができる。

【0016】また、図11は従来例4の放射式温度測定法(特願昭63-75670号公報参照)で使用される装置の模式的断面図であり、図中11は被測定物を示している。被測定物11の上方側方には発光源13、チョッパー等の間欠照射装置(図示せず)および非球面レンズ14が同軸上に配設され、発光源13および非球面レンズ14により形成された平行光束を被測定物表面12の法線方向に反射する角度にハーフミラー17が配設され、ハーフミラー17の上方で被測定物表面12の法線上方には平行光束の直径 D に対して一定割合になる距離1(位置P)に放射計37が配設されている。また、発光

源13及び非球面レンズ14により形成された平行光束内にはミラー38が配設され、ミラー38が平行光束を反射する光軸上には集光レンズ20および平行光束が集光レンズ20により焦点を結ぶ位置には光検出器18がそれぞれ配設されている。また、ハーフミラー17と放射計37との間には別のハーフミラー41が配設され、被測定物表面12が放射する破線で示す部分の熱放射光をハーフミラー41が反射する位置には放射計42が配設されている。このように構成された装置を用いて被測定物11の表面温度を測定する場合、発光源13からの光が非球面レンズ14により平行光束に形成され、ハーフミラー17を介して被測定物表面12に照射されるとき、前記平行光束の光量 I_1 を光検出器18で測定し、また被測定物表面12からの光量 I_2 を放射計37*

$$V_o = A \cdot \varepsilon \cdot T^n$$

ただし、 V_o : 温度計出力

ε : 放射率

T : 被測定物表面温度

A 、 n : 定数

【0018】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来例1、2の放射式温度測定法では、被測定物表面12が鏡面反射性ではなく拡散反射性の場合、周囲からの放射光（ノイズ光）が被測定物表面12で拡散反射して放射計37に入射するために放射率および温度の測定誤差が大きい。また放射率 ε と反射率 ρ との間に前記数2の関係が成立しないので、被測定物表面12の拡散反射特性を表す $\rho = P(1 - \varepsilon)$ のごときパラメータ P を導入して反射率 ρ を補正する必要がある。しかしながらパラメータ P は被測定物11の材質、表面粗さ、酸化度合い等により変化するため、例えば鉄鋼業における各種鋼板、鋼管の高速オンライン製造工程等では精度の高い測定ができないといった問題があった。

【0019】また上記した従来例3の放射式温度測定法では、円筒39により周囲からの放射光（ノイズ光）は放射計37に混入しないので測定精度は向上するが、円筒37を被測定物表面12に近接して配設し、かつ円筒37内面を鏡面性に保つことは、例えば鉄鋼業における各種鋼板、鋼管の高速オンライン製造工程等では困難であるといった問題があった。

【0020】また上記した従来例4の放射式温度測定法では、広い平行光束を被測定物表面12に対し法線方向から照射して被測定物表面12からの熱放射光と反射光とを測定するので、周囲からの放射光（ノイズ光）の影響は少なく、拡散反射性表面の被測定物12に対しても適用でき、さらに放射率は測定の都度求められるので放射率補正が容易となり、例えば鉄鋼業における各種鋼

*で測定する。光量 I_1 は被測定物表面12が反射する $D/1$ で規定される近似反射光量（近似反射率と I_1 との積）と被測定物表面12が放射する熱放射光量 I_2 との和である。次にチョッパー等の間欠照射装置により発光源13からの平行光束が遮られるときは、被測定物表面12が放射する熱放射光量 I_2 のみを放射計42で測定する。これらの測定値から、前記近似反射率は $(I_1 - I_2)/I_1$ により求められ、また放射率 ε は $(1 - \text{近似反射率})$ により求められ、さらに熱放射光量により求められた温度計出力 V_o と前記放射率 ε および被測定物表面12の温度 T との関係を示す下記の数7により被測定物表面温度 T が得られる。

【0017】

【数7】

板、鋼管の高速オンライン製造工程にも適用可能である。しかしながら、近似反射率を用いるため放射率の精度が不十分であり、また非球面レンズをはじめ装置が大型化し、かつ測定システムの自動化が不十分であるという問題があった。

【0021】本発明はこのような課題に鑑みなされたものであり、自動システム化され、小型でメンテナンス性が良い、高精度の放射率と表面温度の同時測定方法および該方法に使用する装置を提供することを目的としている。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明に係る放射率と表面温度の同時測定方法は、所定の強度を有する平行光束を被測定物の表面に対して所定角度傾けた照射方向から照射するとともに、前記被測定物表面に対する法線と前記照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向でかつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定し、前記反射光量分布から前記被測定物表面の反射率を求め、該反射率と放射率との間の関係から前記被測定物表面の放射率を算出し、該放射率と前記熱放射光量とから被測定物表面の温度を求めることを特徴としている。

【0023】また上記放射率と表面温度の同時測定方法において、所定の強度を有する平行光束を被測定物表面の法線に対して所定の角度を有する照射方向から前記被測定物表面に対して照射するとともに、前記法線と前記

照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向で、かつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定して第1の光強度分布を得、次に前記平行光束の照射を行うことなく前記被測定物表面からの光量の1次元的な分布を測定して第2の光強度分布を得、これら第1と第2の光強度分布の差から前記反射光量分布を求め、第2の光強度分布から前記熱放射光量を求めることを特徴としている。

【0024】また上記放射率と表面温度の同時測定方法において、所定の強度を有する強度変調光の平行光束を被測定物表面の法線に対して所定の角度を有する照射方向から前記被測定物表面に対して照射するとともに、前記法線と前記照射方向とを含む平面内で前記法線に対して前記照射方向と線対称な方向で、かつ前記被測定物表面から所定の距離において前記被測定物表面からの反射光量および熱放射光量の1次元的な分布を測定し、該測定から前記強度変調光成分を抽出することによって反射光量を得、前記被測定物表面からの光量の1次元的な分布から前記強度変調光成分を除去することで前記熱放射光量を得ることを特徴としている。

【0025】また本発明に係る放射率と表面温度の同時測定装置は、所定強度の光を発生する発光源と、該発光源からの光を平行光束に変換して被測定物表面に対する法線から所定の角度で前記被測定物表面に照射するための光学系と、前記被測定物表面からの反射光と熱放射光とを受光する1次元光検出器と、前記発光源の光を前記1次元光検出器に導く光学系とを備えていることを特徴としている。

【0026】

【作用】被測定物表面に光が照射される場合、入射光、*

$$\varepsilon(\lambda: \theta, \phi) = 1 - \rho(2\pi)(\lambda: \theta, \phi)$$

ただし、 ε : 放射率

λ : 波長

θ, ϕ : 入射角

$\rho(2\pi)$: 半球反射率

【0032】しかしながら数9における前記半球反射率 $\rho(2\pi)$ は、被測定物表面が鏡面反射性の場合は該被測定物表面の法線に対して入射角 (θ, ϕ) と共役な反射角 (θ', ϕ') への反射光の反射率 ρ として求められるが、被測定物表面が拡散反射性の場合は上記のようには求められない。本発明においては、前記半球反射率 $\rho(2\pi)$ に代えて、半球反射率の近似値 ρ を求めることにより被測定物表面が拡散反射性の場合にも適用可能にするものである。

【0033】図3は、放射率と表面温度の同時測定方法の原理を説明するための概念図である。図3において、

* 反射光および吸収光の間には下記の数8で示されるエネルギー保存則が成立する。

【0027】

【数8】

$$I_o = \rho I_o + \alpha I_o + \beta I_o$$

ただし、 I_o : 入射光強度

ρ : 反射率

α : 吸収率

β : 透過率

【0028】また、キルヒホッフの法則から、放射率 ε 、吸収率 α とすると下記の数9が成立する。

【0029】

【数9】

$$\varepsilon = \alpha$$

【0030】図2は入射光および反射光のそれぞれの角度を説明するための概念図である。光が平面A上の測定点O点に対してBO方向から入射してOC方向へ反射する場合、法線ON軸および平面A上のOX軸を基準にすると、光の入射角は (θ, ϕ) 、反射角は (θ', ϕ') で表わされる。不透明で平面状の被測定物表面に波長 λ の光が入射角 (θ, ϕ) で入射し、反射角 (θ', ϕ') で反射する場合、被測定物が不透明の条件から $\beta = 0$ 、平面の条件から反射率 ρ は $\rho = \rho(2\pi)$ (半球反射率)であり、また反射率および放射率が波長 λ と入射角 (θ, ϕ) の関数であることから、数8および数9より下記の数10が得られる。

【0031】

【数10】

30

40

50

被測定物表面12上の測定点Oに対して法線OO'に対する角度 α の方向AOから所定の強度 I_o を有する平行光束を照射した場合、被測定物表面から距離Lの位置にある1次元光検出器21で検出される光量を $I_1 \sim I_n$ (n は1次元光検出器21の画素数)とする。そのとき1次元光検出器21で検出される光量分布は図4(a)に示したようになり、また平行光束を照射しないときに検出される光量分布は図4(b)に示したようになる。なお図中 I_o は被測定物表面12からの熱放射光強度、 $I_i - I_o$ (ただし $i = 1 \sim n$)は平行光束が被測定物表面12で反射された反射光強度である。ここで被測定

物表面12の反射率分布は、反射角度 δ の関数 $R(\delta)$ *【0034】

を用いると下記の数11のように表わされる。 *【数11】

$$R(\delta_1) = (I_1 - I^0_1) / I_0$$

$$R(\delta_2) = (I_2 - I^0_2) / I_0$$

:

:

$$R(\delta_n) = (I_n - I^0_n) / I_0$$

ただし、 $R(\delta_i)$: 反射角度 δ の反射率関数

I_i : 第1の光強度

I^0_i : 第2の光強度

i : 1, 2, ..., m, ..., n

【0035】しかしながら、実際の反射率は測定点Oと *とが作る角度 σ 。並びに距離 L を基準にすると、補正
それぞれの光検出器との距離が異なるので補正する必要 反射率関数 R' は下記の数12のように表わせる。

があり、 I_i (ただし $i=1 \sim n$) が最大になる m 番目 20 【0036】

の光検出器 D_i と測定点Oとを結ぶ直線および法線OO *【数12】

$$R'(\delta_m) = R(\delta_m) \cdot (L / \cos(\delta_m))^2 / L^2$$

$$= R(\delta_m) / \cos^2(\delta_m)$$

$$R'(\delta_{m+1}) = R(\delta_{m+1}) / \cos^2(\delta_{m+1})$$

:

:

$$R'(\delta_n) = R(\delta_n) / \cos^2(\delta_n)$$

ただし、 $R'(\delta_i)$: 反射角度 δ_i の補正反射率関数

$R(\delta_i)$: 反射角度 δ_i の反射率関数

i : m, m+1, ..., n

【0037】しかるにまた、一般的に被測定物表面12 ★ δ_m と各画素とのなす角度を θ とすると補正反射率関数
が拡散性表面の場合においても、照射角 θ_i に対しては R' は下記の数13のように表わされる。

法線に関して共役な角度 θ_i における反射率が最も大き 40 【0038】

いので $\delta_m = \theta_i$ となり、したがって図3に示すように★ 【数13】

$$R'(\theta_i) = R'(\delta_i)$$

ただし、 $R'(\theta_i)$: δ_m と各画素とのなす反射角度 θ_i における

補正反射率関数

i : m, m+1, ..., n

【0039】一方、被測定物表面12に光束が法線方向 面12の粗さ等によって決まる定数である。

から照射される場合の θ 方向の反射率分布 R_s は、下記 【0040】

の数14で近似できる。なお、 α および β は被測定物表 50 【数14】

$$R_s(\theta) = \beta \cdot \exp(-\alpha \cdot \theta) \quad (11)$$

12

ただし、 $R_s(\theta)$ ：反射角度 θ における補正反射率関数

α 、 β ：定数

【0041】上記のように数13および数14は同一の反射率の角度分布を表わしているので未知数の α および β は最小自乗法で求められ、いま $\alpha = C_1$ 、および $\beta = C_2$ とすると被測定物表面12の反射率 $\rho(\theta)$ は、 $\rho(\theta) = C_2 \cdot \exp(-C_1 \cdot \theta)$ となり、さらに半球反射率 $\rho(2\pi)$ は下記の数15により求められる。し*

$$\rho(2\pi) = \int_0^{2\pi} \left[\int_0^{\pi/2} \rho(\theta) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) d\theta \right] d\phi \quad (15)$$

ただし、 $\rho(2\pi)$ ：反射角度 (ϕ, θ) における半球反射率

【0043】以上によって被測定物表面の放射率 ε は、 $\varepsilon = 1 - \rho(2\pi)$ で求められ、さらに該放射率と前記熱放射光量 I_1 より温度が得られることとなる。

【0044】なお、上記間欠的照射方法としては、チョッパー等による発光源に対する間欠的遮蔽手段のほか、発光源が間欠作動されるかあるいは強度変調光を用いても同様の作用をもたらす。

【0045】

【実施例】以下、本発明に係る放射率と表面温度の同時測定方法および該方法に使用する装置の実施例を図面に基づいて説明する。

【0046】図1は本発明に係る放射率と表面温度の同時測定方法に用いられる装置の一実施例を模式的に示したブロック構成図であり、図中11は被測定物を示している。被測定物表面12の法線に対して角度 α を有する照射光軸上には発光源13、非球面レンズ14、基準周波数発振器15が接続されたチョッパー16および照射光の一部を反射するように取り付けられたハーフミラー17が配設されており、ハーフミラー17の反射光軸上には光検出器18が配設されている。また、被測定物表面12上方の反射光軸側には狭帯域フィルター19、集光レンズ20および1次元CCD(荷電結合素子)21が配設されている。さらに1次元CCD21は増幅器22、サンプリングアンドホールド回路23を介して演算器24に接続されており、また基準周波数発振器15はサンプリングアンドホールド回路23に接続されている。なお1次元CCD21は、複数個の光検出器を1次元状に並べたものでもよい。

【0047】このように構成された装置を用いて測定する場合、まず発光源13で形成された光を非球面レンズ14で平行光束に変換し、基準周波数発振器15で駆動されるチョッパー16を介して被測定物表面12に照射する。被測定物表面12において反射または放射された

*たがって1次元光検出器21で測定不可能な角度範囲(図3における θ より大きい角度)の反射率分布についても推定が可能となる。

【0042】

【数15】

光は狭帯域フィルター19を透過し、集光レンズ20で集光され、1次元CCD21で電気信号に変換され、増幅器22で増幅される。さらにサンプリングアンドホールド回路23に入力された電気信号は、基準周波数発振器15からの基準周波数によって、間欠的に照射されるときは反射光信号と熱放射光信号との和信号25、間欠的に照射されないときは熱放射光信号26に変換されて演算器24に入力される。また、光検出器18で検出された照射光信号27も演算器24に入力される。演算器24により反射光信号と熱放射光信号との和信号25と熱放射光信号26との差から反射光強度を求め、反射光強度と照射光信号27から反射率を求め、被測定物表面12の放射率と温度を得る。

【0048】以下に本装置を用いて、照射光と法線とのなす角度 α を 1° 以下、狭帯域フィルター19の中心波長を $1.4 \mu\text{m}$ 、被測定物表面12と1次元CCD21との距離を30mmとした場合、鏡面反射性に近い鋼板(1)および拡散反射性の鋼板(2)についてそれぞれ反射率分布を実測あるいは反射率関数(数13)で近似した結果を図5に示す。また、本装置が測定可能な反射光の角度 $0 \sim 16^\circ$ で実測した反射率データを用いて、最小自乗法により数14における定数 α および β を求め、次いで数15によりさらに広角度まで求めた半球反射率 $\rho(2\pi)$ は鋼板(1)が0.7、鋼板(2)が0.6であった。

【0049】図5より明らかなように、鋼板(1)の反射率は狭角度では高いが広角度では低下し、鋼板(2)の反射率は狭角度では低いが広角度においても反射が持続する。したがって従来の方法では、鋼板(1)の反射率は高く、鋼板(2)の反射率は低く捉えられるおそれがあった。しかしながら本測定法では、広範囲な反射率分布の推定が可能のために鋼板(1)(2)ともに略等しい反射率が得られており、本実施例に係る方法によって

拡散反射性の被測定物に対する放射率がきわめて簡単に精度よく求められることが分かる。

【0050】さらに、上記と同一条件において銅板

(1)を使用して高温にて酸化し、酸化膜の生成等による放射率の変化およびこれに伴う温度変化を銅板(1)の表面に溶着させた熱電対による測定値とともに図6に示す。従来の放射率を一定とした方法では測温精度は±20℃であったが、図6で明らかなように本実施例に係る方法では測温精度は±5℃以内であり、酸化膜の生成すなわち拡散反射性の変化により放射率が変化しても精度よく測定できることが分かる。

【0051】次に、本発明に係る放射率と温度の同時測定方法及び該方法に使用する装置の別の実施例を図面に基つて説明する。図11は本発明に係る放射率と温度の同時測定方法に用いられる装置の一実施例を模式的に示したブロック構成図であり、図中11は被測定物を示している。被測定物表面12上の法線に対する角度 α の照射光軸上には基準周波数発生器15及び光源電源28により強度変調された光源13、非球面レンズ14及び照射光の一部を反射するように取り付けられたハーフミラー17が配設されており、ハーフミラー17の反射光軸上には光検出器18が配設されている。また被測定物表面12上方の反射光軸上には、狭帯域フィルタ19、集光レンズ20及び1次元CCD21が配設されている。さらに1次元CCD21はローパスフィルタ30、増幅器31を介して演算器24に接続されている。また1次元CCD21はロックインアンプ29にも接続され、ロックインアンプ29は基準周波数発生器15及び演算器24に接続されている。また光検出器18はロックインアンプ36に接続され、ロックインアンプ36は基準周波数発生器15及び演算器24に接続されている。

【0052】このよう構成された装置を用いて測定する場合、まず強度変調された光源13の光を非球面レンズ14で平行光束に変換し、被測定物表面12に照射する。被測定物表面12において反射または放射された光は狭帯域フィルタ19を透過し、集光レンズ20で集光され、1次元CCD21で受光電気信号33に変換される。受光電気信号33は、ロックインアンプ29により変調周波数信号34及び同周波数信号成分すなわち反射光信号32に変換される。また受光電気信号33は、ローパスフィルタ30、増幅器31により直流成分すなわち熱放射と反射光成分実効値の和信号37に変換増幅される。また光検出器18で検出された基準光信号35は、ロックインアンプ36により変調周波数信号34と同周波数信号成分すなわち照射光信号27に変換される。演算器24においては、反射光信号32、熱放射と反射光成分実効値の和信号37及び照射光信号27が入力され、反射光信号32と照射光信号27から放射率を求め、反射光信号32と熱放射と反射光成分実効値の和

信号37の関係から熱放射強度を求め、被測定物表面12の放射率と温度を得る。

【0053】以下に本装置を用いて、照射光と法線とのなす角度 α を1°以下、狭帯域フィルタ19の中心波長を1.4 μ m、被測定物表面12と1次元CCD21との距離を30mmとし、上記実施例に用いた銅板

(1)、(2)を被測定物として測定を行った。放射率分布を実測あるいは放射率関数(数13)で近似した結果ならびに角度0~16°で実測した放射率データを用いて最小自乗法により数14における定数 α および β を求め、次いで数15によりさらに広角度まで推定した半球放射率 $\rho(2\pi)$ は、それぞれ上記実施例と略同一であった。本実施例に係る方法によって拡散反射性の被測定物に対する放射率が極めて簡単に精度よく求められることが分かる。

【0054】

【発明の効果】以上詳述したように本発明に係る放射率と表面温度の同時測定方法にあっては、反射光量あるいは放射光量の1次元的分布の測定に基づき行われるの

で、放射率もしくは放射率ならびに表面温度が同時に簡単に求められる。また限定された角度範囲の1次元的分布データから計算によりさらに広範囲の放射率分布が推定されるので、鏡面反射性の被測定物はもとより従来の方法では不正確な値しか求めることができなかった拡散反射性の大きい被測定物に対する放射率および表面温度をより正確に求めることができる。

【0055】また本発明に係る放射率と表面温度の同時測定装置にあっては、演算器等の自動計算システムも組み込まれているので、高速で移動する被測定物および放射率が刻々と変動する被測定物の放射率と表面温度の同時自動測定を達成することができる。また本発明に係る放射率と表面温度の同時測定装置にあっては、平行光束を形成する非球面レンズの小径化が可能であり、照射光装置の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る装置の実施例を示す模式的ブロック構成図である。

【図2】入射光と反射光との角度の関係を示す斜視図である。

【図3】本発明に係る反射角度と反射光量との関係を示す合成グラフである。

【図4】(a)(b)は本発明に係る光検出器の部位別光量を示すグラフである。

【図5】実施例に係る反射角度別放射率の推定値および実測結果を示すグラフである。

【図6】実施例に係る温度測定結果と熱伝対による温度測定結果との比較および放射率を示すグラフである。

【図7】本発明に係る装置の別の実施例を示す模式的ブロック構成図である。

【図8】従来例1を示す模式的断面図である。

【図9】従来例2を示す模式的断面図である。

【図10】(a)(b)は従来例3を示す模式的断面図および平面図である。

【図11】従来例4を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

- 11 被測定物
- 12 被測定物表面
- 13 発光源
- 14 非球面レンズ
- 15 基準周波数発振器

*16 チョッパー

17 ハーフミラー

18 光検出器

19 狭帯域フィルター

20 集光レンズ

21 1次元CCD

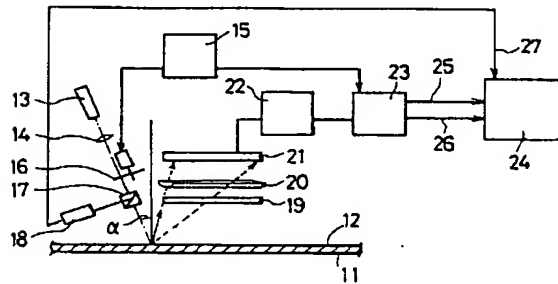
22 増幅器

23 サンプリングアンドホールド回路

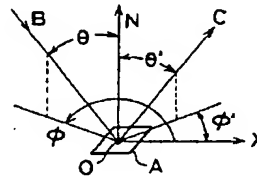
24 演算器

*10 25、26、27 信号

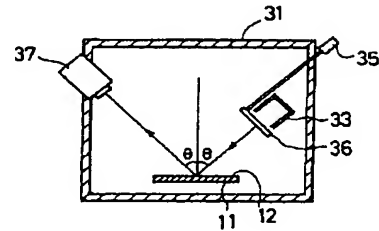
【図01】



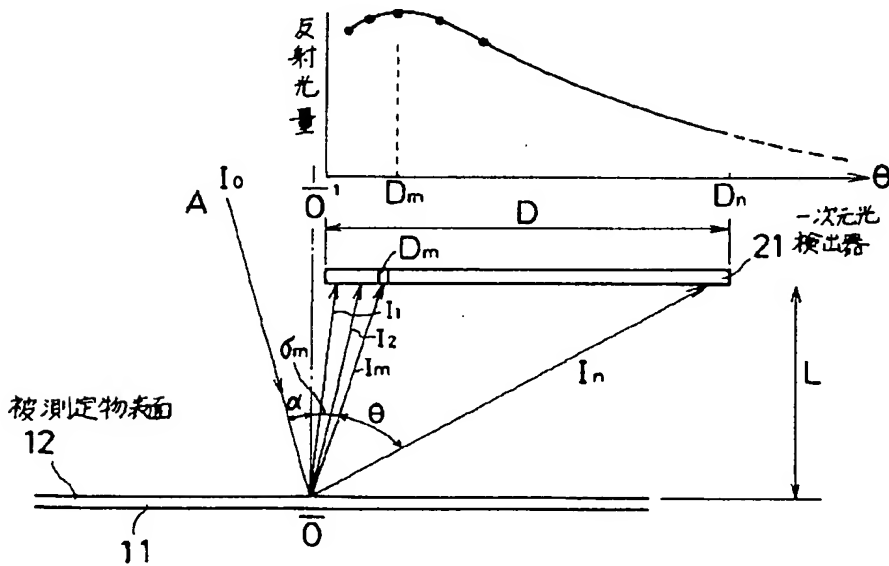
【図02】



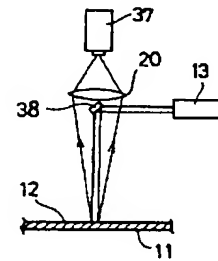
【図08】



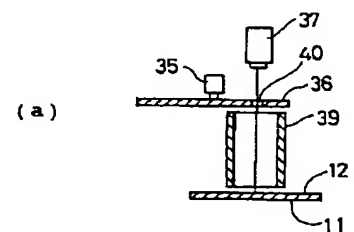
【図03】



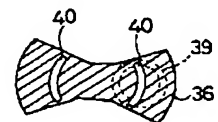
【図09】



【図10】

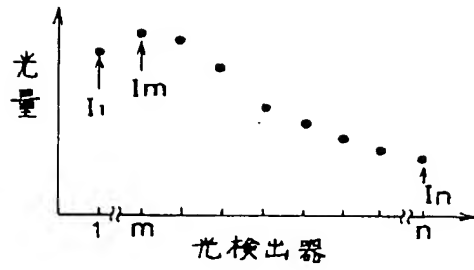


(b)

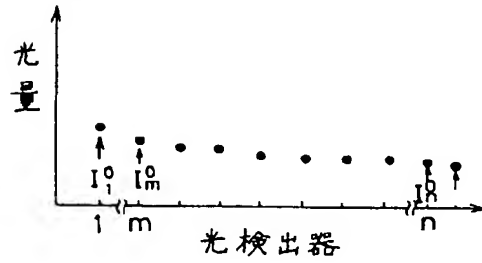


〔図04〕

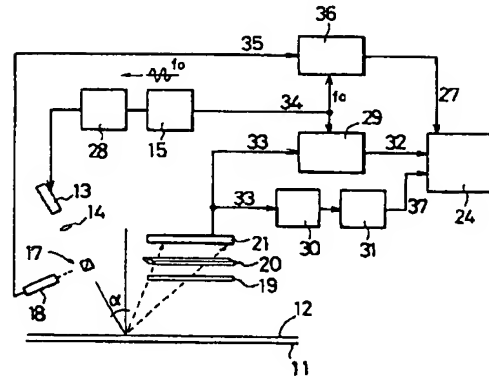
(a)



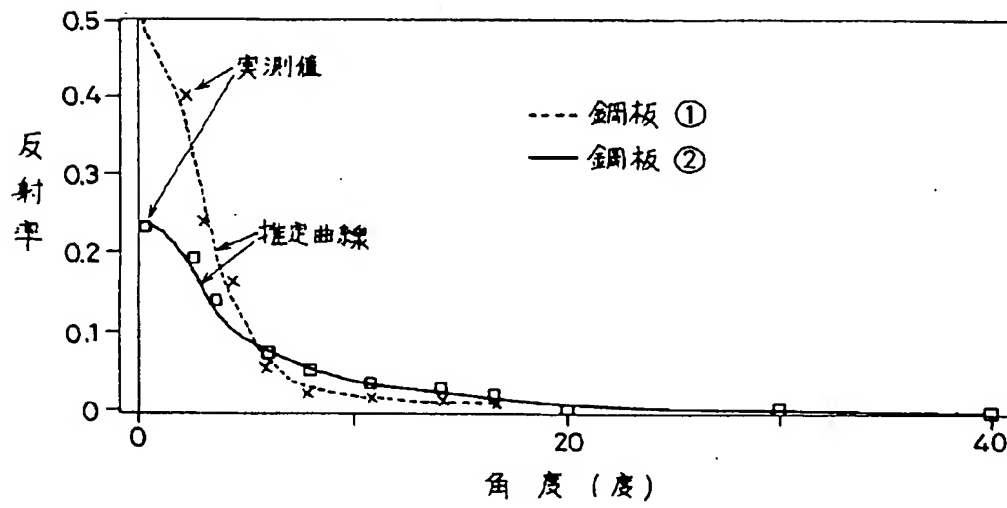
(b)



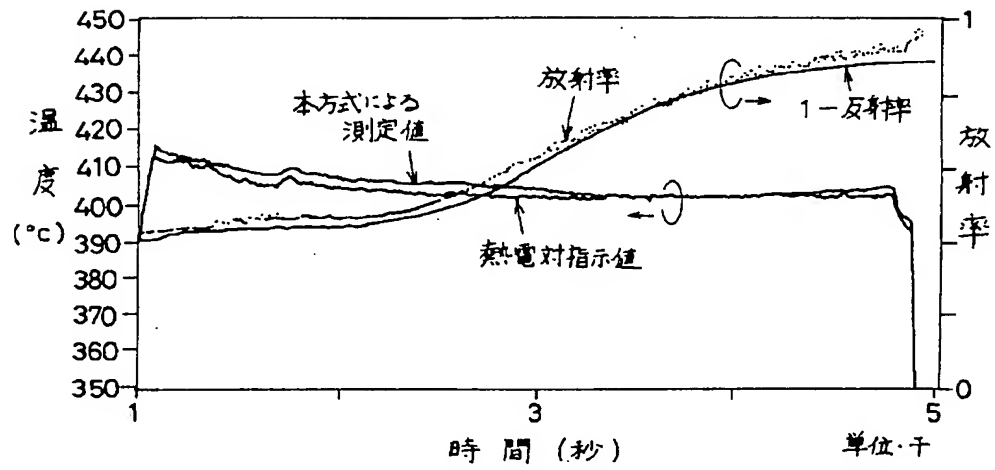
〔図07〕



〔図05〕



【図06】



【図11】

